



Investigasi Perancangan Simulasi Antena MIMO 64 Elemen untuk Aplikasi 5G

Yusnita Rahayu*, Saftriansyah. MZ

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Jl. HR. Soebrantas, Pekanbaru 28293, Indonesia*

*Email Penulis Koresponden: yusnita.rahayu@lecturer.unri.ac.id

Abstrak :

Teknologi 5G merupakan teknologi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan berbasis nirkabel berkecepatan tinggi. Frekuensi 28 GHz merupakan salah satu rentang frekuensi yang direkomendasikan oleh *Federal Communications Commission (FCC)* dalam pengembangan teknologi 5G. Dalam perancangan ini, antena menggunakan *patch* berbentuk *rectangular* yang dirancang agar antena dapat bekerja pada frekuensi 28 GHz. Rancangan antena 5G ini menggunakan pencatutan *microstrip line* dan Teknologi *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*. MIMO adalah salah satu teknologi yang mendukung 5G. Antena MIMO ini dirancang menggunakan bahan substrat RT-Duroid 5880 untuk menghasilkan nilai S_{11} sebesar -45,185 dB dengan *gain* sebesar 24,22 dBi, dan *bandwidth* sebesar 840 MHz.

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license



Kata Kunci:

5G;
MIMO;
Antena Mikrostrip;
Rectangular Patch;

Riyawat Artikel:

Diserahkan 12 Maret 2021
Direvisi 14 April 2021
Diterima 10 Juni 2021
Dipublikasi 21 Agustus 2021

DOI:

10.22441/incomtech.v11i2.10903

1. PENDAHULUAN

Laju perkembangan teknologi dan inovasi ilmu pengetahuan telekomunikasi di bidang jaringan tidak pernah berhenti. Dari generasi pertama (1G) komunikasi analog ke generasi keempat (4G) Komunikasi seluler tidak lagi memiliki peran sekunder di masa sekarang namun telah menjadi kebutuhan primer yang pada umumnya semua aktivitas manusia menggunakan sistem jaringan untuk mempercepat dan mempermudah suatu pekerjaan. Antena adalah suatu perangkat telekomunikasi yang sangat penting untuk mendukung perkembangan teknologi nirkabel. Teknologi nirkabel generasi kelima (5G) adalah langkah selanjutnya dalam komunikasi seluler. Tujuan dari 5G adalah untuk menyediakan koneksi kesemua jenis perangkat dan aplikasi lainnya, termasuk komunikasi seluler, terutama kebutuhan untuk *very high data rate, great service, low latency*, dan

support high mobility yang belum dapat terpenuhi oleh teknologi sebelumnya salah satu kriteria dari teknologi 5G ini yaitu mampu beradaptasi dengan jumlah *user* yang menggunakannya [1]. Pada sistem seluler masa depan (5G) harus menyediakan kecepatan data mulai dari 5Gbps hingga 50Gbps [1]. Telkomsel telah berhasil melakukan uji coba 5G bersamaan dengan Asian Games 2018. Telkomsel melakukan *showcase* sebagian *use case* 5G di dalam kompleks Gelora Bung Karno (GBK). *Use case* tersebut terbagi menjadi 4 bagian yaitu: *virtual reality* (VR), *interactive live streaming*, robot (*low latency*), *autonomous bus*. Total responden dalam survei ini sebanyak 1742 orang [2].

Pada agenda *the last World Radio communication Conference* (WRC) yang terakhir pada tahun 2015 (WRC-15), ada agenda yang menarik perhatian pebisnis telekomunikasi satelit sedunia, yaitu WRC-2015 agenda *item* 1.1 yaitu permintaan Telekomunikasi Bergerak Internasional/*International Mobile Telecommunication* (IMT) untuk memberikan penambahan alokasi frekuensi sebagai antisipasi lonjakan kebutuhan data seluler di masa mendatang [3]. Teknologi MIMO terkenal dengan kemampuannya untuk meningkatkan kapasitas sistem dan mengurangi efek negatif gangguan *multipath*, MIMO juga dianggap sebagai kunci untuk mewujudkan komunikasi jaringan *Mobile* [4,5] dan *Base Transceiver Station* (BTS) yang menggunakan sistem komunikasi (5G) [6]. Untuk membuat antena MIMO 5G dibutuhkan metode–metode agar mendapatkan *bandwidth* yang sangat lebar [7]. Dalam perancangan antena mikrostrip, dengan bahan RT Duroid 5880 merupakan substrat yang sesuai untuk frekuensi tinggi. Sedangkan untuk material konduktor menggunakan tembaga [8].

Dengan mendesain *patch* persegi dan slot silang akan mendapatkan polarisasi sirkular [9]. Dalam penelitian [10] telah dihasilkan antena yang bekerja pada frekuensi 28 GHz menggunakan metode MIMO untuk meningkatkan kapasitas sistem dengan dan mengurangi efek negatif gangguan *multipath*, dengan hasil yang didapat yaitu nilai *gain* > 20 dB memiliki lebar pita sebesar 667 MHz, S_{11} berada di -20 dB, berjenis pola radiasi *unidirectional*. antena tersebut sangat baik menjadi referensi antena pengembangan sinyal 5G.

Dalam penelitian ini, antena telah dirancang untuk aplikasi jaringan komunikasi 5G. yang bekerja pada frekuensi 28 GHz [11], dengan nilai *S-parameter* S_{11} yang didapatkan sebesar -45,185 dB sehingga tidak rentan akan gangguan yang ada di udara dan *gain* sebesar 24,22 dBi. dengan lebar pita sebesar 840 MHz.

2. METODE

Perancangan dilakukan dengan beberapa percobaan yaitu menggunakan 2 elemen antena, 8 elemen antena dan 64 elemen antena (struktur antena 8×8). Karakterisasi dan optimisasi dimensi rancangan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Dalam simulasi, bentuk *port* koaksial atau *port* SMA digunakan untuk menghasilkan impedansi 50 ohm. Antena menggunakan *substrate* RT-Duroid 5880 dengan nilai $\epsilon_r = 2,2$ tebal (h) = 0,254 mm, dan $\tan \delta = 0,0009$, dimana RT-Duroid tersebut sangat bagus digunakan untuk komunikasi 5G frekuensi tinggi yaitu 28 GHz. Perancangan ini menggunakan CST *simulation software*.

Antena ini menggunakan cincin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dimana tata letak dan ukuran cincin tersebut sangat berpengaruh terhadap frekuensi kerja dan nilai faktor refleksi (S_{11}). Pada penelitian sebelumnya, jika dibandingkan dengan penelitian ini bentuk serta ukuran slot dan cincin sangat jauh berbeda sehingga dapat dikatakan antena ini adalah desain original. Dalam hal ukuran rancangan antena ini menggunakan *patch* yang berbentuk *rectangular*. Adapun untuk mengetahui dimensi antena, menggunakan rumus umum dalam pembuatan *patch rectangular* sebagai berikut [12]:

$$w = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \quad (1)$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff}+0.3)\left(\frac{w}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{reff}+0.258)\left(\frac{w}{h}+0.8\right)} \quad (4)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12h/w}} \right) \quad (5)$$

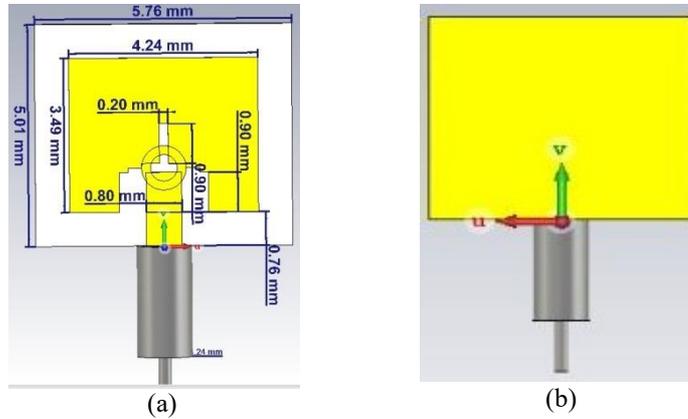
- c = kecepatan rambat gelombang elektromagnetik di ruang bebas yaitu sebesar 3×10^8 m/det
 - f_r = Frekuensi kerja antena
 - ϵ_r = Konstanta dielektrik *substrate*
 - h = Tebal *Substrate*
 - L_{eff} = Panjang *patch* efektif
 - ΔL = Perbedaan panjang antara L dan L_{eff}
 - ϵ_{reff} = Konstanta dielektrik relatif
- Spesifikasi antena dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Antena

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	28 GHz
S_{11}	≤ -10
Gain	≥ 5 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
Impedansi	50 Ω

Antena mikrostrip persegi panjang ini dirancang untuk memenuhi dan mendukung kebutuhan jaringan 5G sebagai perangkat pengirim dan penerimaan informasi [13]. Bentuk geometri antena tampak depan dan tampak belakang ditunjukkan pada Gambar 1 dengan dimensi antena yang sudah optimal dapat dilihat pada Tabel 2.

Antena ini memiliki cincin yang berada di tengah sehingga terlihat cincin tersebut sebagai penghubung antara *patch* dan *feedline*-nya. Slot dalam antena ini sangat berpengaruh terhadap S_{11} dimana dengan membuat slot yang tepat akan menghasilkan nilai S_{11} yang baik.



Gambar 1. (a) Antena Sisi Depan (b) Antena Sisi Belakang

Tabel 2. Parameter Optimal Antena

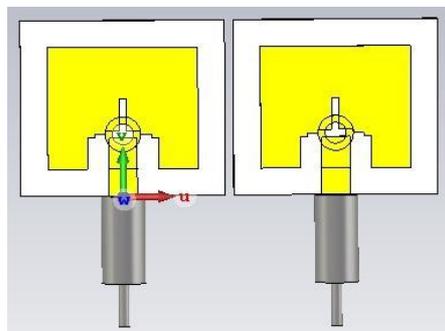
Parameter	Lebar substrat antena	Panjang substrat antena	Lebar patch antena	Panjang patch antena	Lebar ground antena	Panjang ground antena
Nilai (mm)	5,76	5,01	4,24	3,49	5,76	5,01

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari beberapa percobaan yang dilakukan yaitu antena dengan 2 elemen, 8 elemen dan 64 elemen maka didapatkan hasil simulasi antena menunjukkan semakin banyak elemen yang digunakan maka dapat meningkatkan nilai *gain* yang lebih baik serta menghasilkan S_{11} yang lebih bagus dengan nilai *mutual coupling* rata-rata < -20 dB.

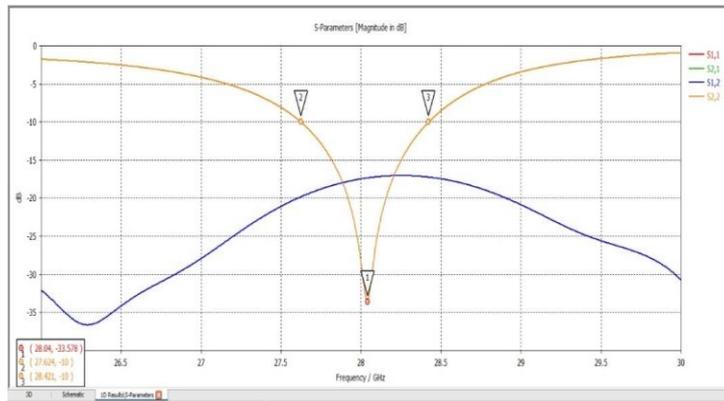
3.1 Percobaan pertama desain dengan 2 elemen antena

Gambar 2 menunjukkan antena dengan 2 elemen dengan nilai *mutual coupling*-nya berada < -15 dB.



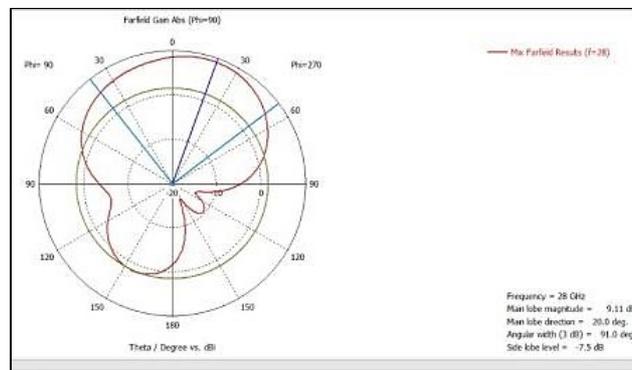
Gambar 2. Antena dengan Dua Elemen

Gambar 3 adalah hasil simulasi S_{11} desain antenna dengan dua elemen. Nilai *mutual coupling* berada < -15 dB. Pada hasil simulasinya juga dapat dilihat antenna ini bekerja pada frekuensi 28,04 GHz dengan nilai S_{11} berada pada -33,578 dB dengan lebar pita 797 MHz. Bentuk pola radiasi ditunjukkan pada Gambar 4.

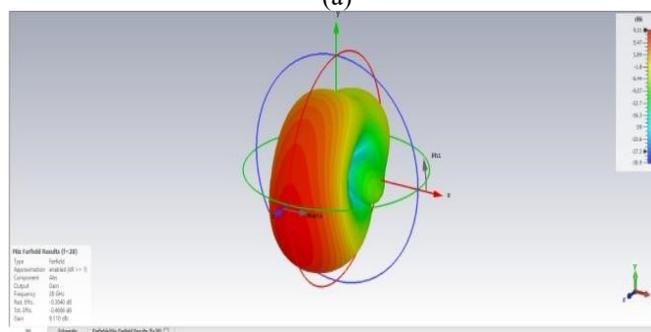


Gambar 3. S-Parameter S_{11} Antena dengan Dua Elemen

Pola radiasi yang dihasilkan berbentuk *unidirectional* yang memiliki *side lobe level* = -7,5 dB dengan nilai *gain* didapatkan sebesar 9.11 dBi. Gambar 5 menunjukkan *Surface Current* sebagai pergerakan arus yang mengalir pada antenna dua elemen, didapatlah maksimal arus yang mengalir adalah sebesar 451 A/m.

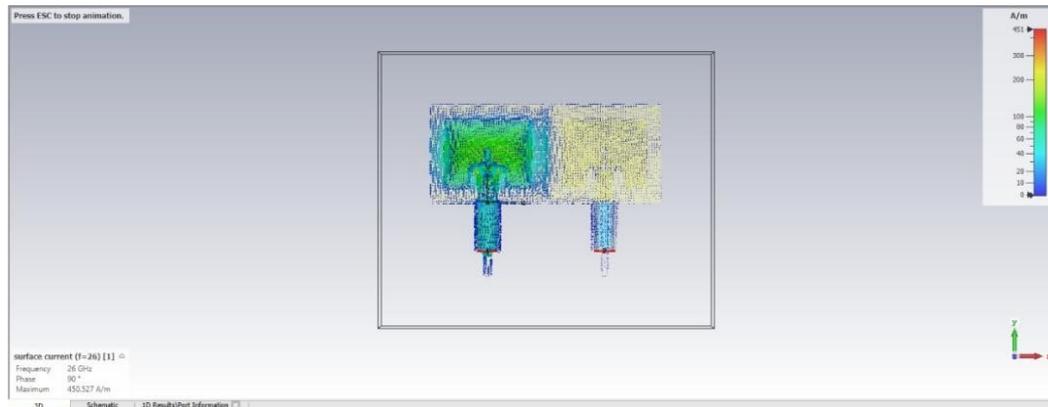


(a)



(b)

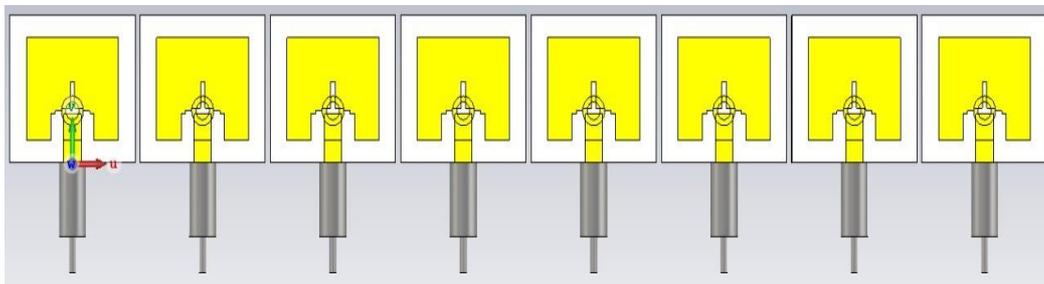
Gambar 4. Pola Radiasi pada Antena dua Elemen (a) bentuk dua dimensi (b) bentuk tiga dimensi



Gambar 5. Surface Current Antena Dua Elemen

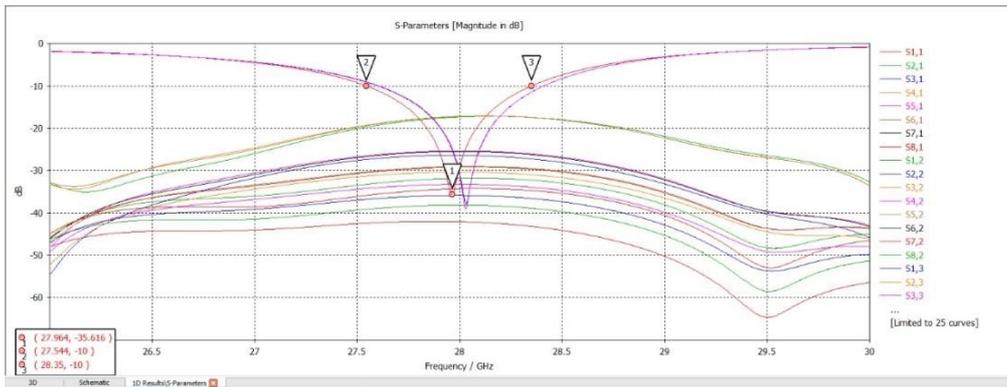
3.2 Percobaan kedua desain dengan 8 elemen antenna

Pada antenna dengan 8 elemen (Gambar 6), berdasarkan standar 5G, desain antenna ini memenuhi untuk pengaplikasian *mobile station*. Hal ini merujuk pada salah satu referensi [14,15] dengan *gain* 12,1 dBi, dimana antenna untuk *mobile station* dari beberapa jurnal menunjukkan nilai *gain* yang tidak lebih dari 15 dBi, pada antenna 8 elemen ini telah mendapatkan nilai *gain* hingga 14,9 dBi.



Gambar 6. Susunan Antena dengan 8 Elemen

Pada Gambar 7 dapat dilihat hasil nilai S_{11} -nya dan *mutual coupling*-nya yang lebih bagus dari antenna yang hanya memiliki 2 elemen antenna saja dimana nilai rata-rata *mutual coupling*-nya berada < -20 dB dan namun nilai S_{11} -nya tidak jauh berbeda dengan antenna 2 elemen dimana nilai S_{11} -nya berada pada $-35,616$ dB.

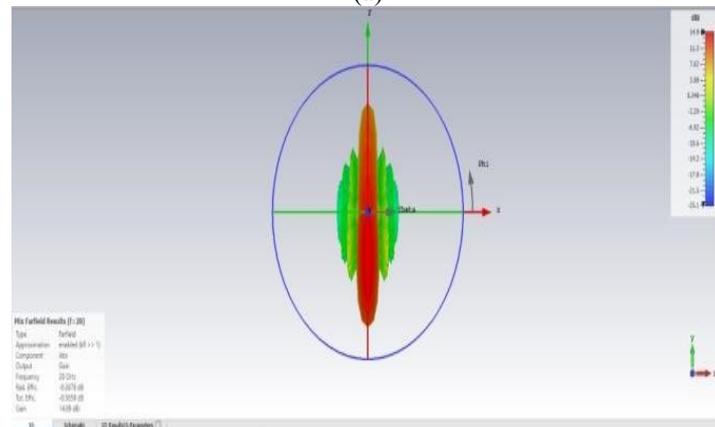


Gambar 7. S-Parameter S11 Antena dengan 8 Elemen

Pada Gambar 8 menunjukkan antena dengan 8 elemen memiliki pola radiasi *unidirectional* yang memiliki nilai *side lobe level* = -6,2 dB dengan nilai *gain* didapatkan sebesar 14,89 dBi.



(a)

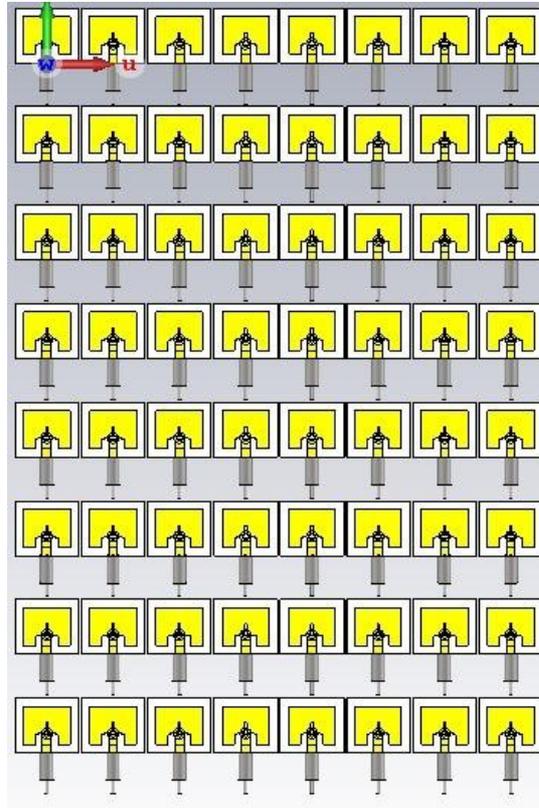


(b)

Gambar 8. Pola Radiasi pada Antena 8 Elemen (a) bentuk dua dimensi (b) bentuk tiga dimensi

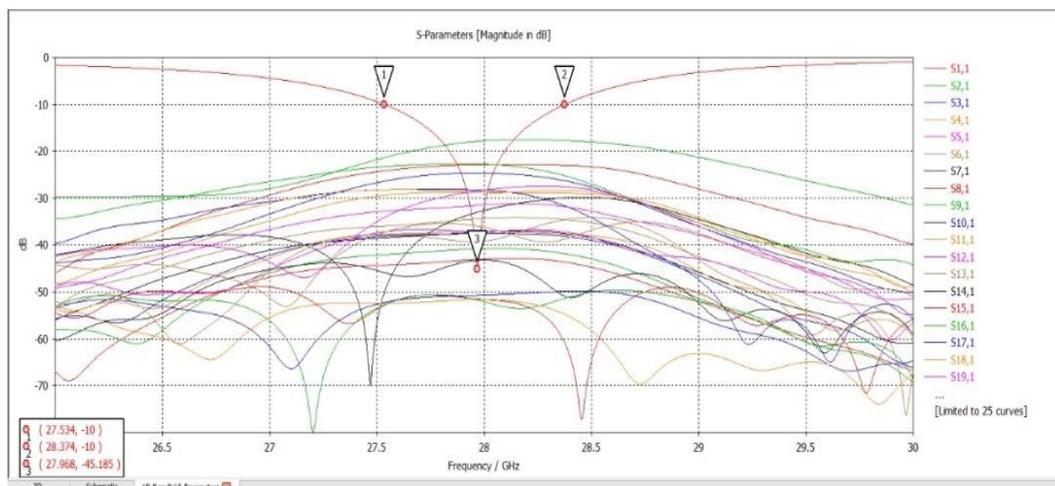
3.3 Percobaan ketiga desain dengan 64 elemen antenna

Gambar 9 menunjukkan antenna dengan 64 elemen yang telah memenuhi standar antenna 5G untuk pengaplikasian BTS dengan nilai gain mencapai 24,22 dBi.



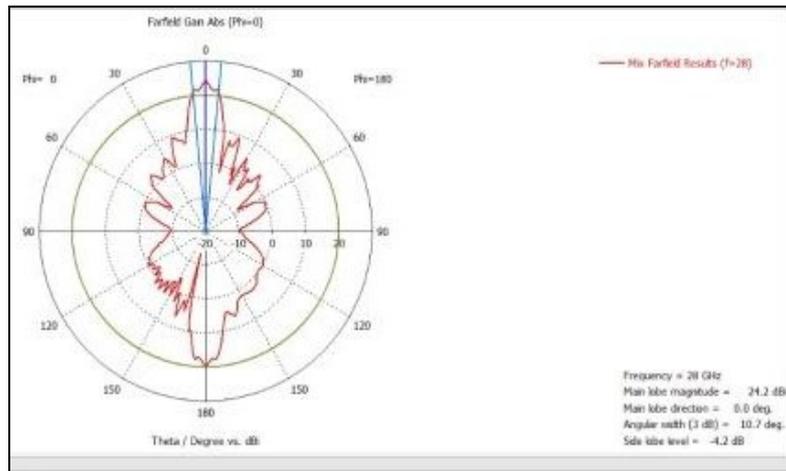
Gambar 9. Desain Susunan Antena dengan 64 Elemen Antena

Gambar 10 menunjukkan nilai S-Parameter S_{11} yang berada di -45,185 dB dengan nilai rata *mutual coupling* berada <-20 dB.

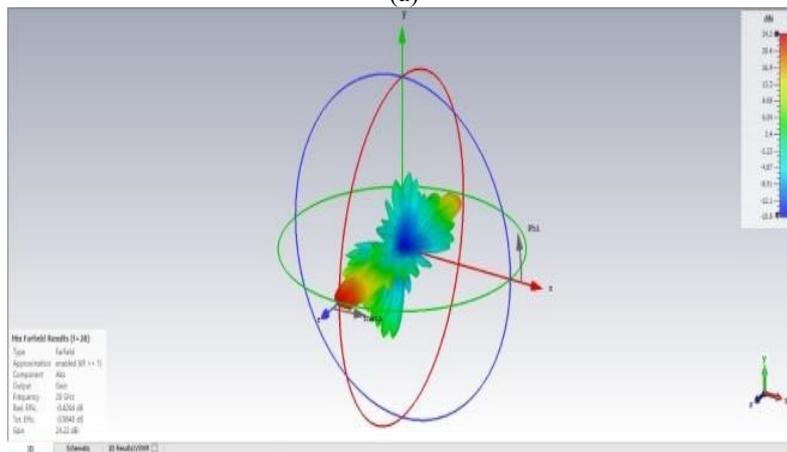


Gambar 10. S-Parameter S_{11} Antena dengan 64 Elemen

Pola radiasi antena pada [Gambar 11](#) mempunyai banyak *ripple* dan *side lobe*, hal ini disebabkan karena banyaknya elemen antena yang digunakan. Bentuk ini masih berbentuk *unidirectional* dengan besar *side lobe level* = -4,2 dB, dengan *gain* sebesar 24,22 dBi.



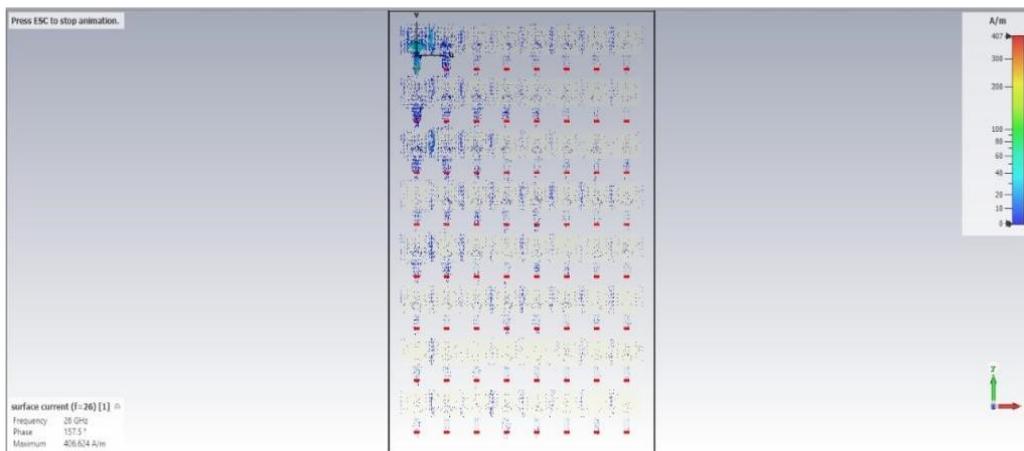
(a)



(b)

Gambar 11. Pola Radiasi pada Antena 64 Elemen (a) bentuk dua dimensi (b) bentuk tiga dimensi

Pada [Gambar 12](#) setiap antena memiliki arus maksimal yang dapat mengalir sebesar 407 A/m. [Tabel 6](#) menampilkan beberapa hasil perbandingan parameter antena dengan 1 elemen, 8 elemen dan 64 elemen pada frekuensi 28 GHz. Sedangkan data hasil perbandingan dengan antena referensi ditunjukkan pada [Tabel 7](#).

Gambar 12. *Surface Current* dengan 64 Elemen Antena

Tabel 6. Data Hasil Perbandingan Antena 2 Elemen, Antena 8 Elemen dan Antena 64 Elemen

Parameter	2 Elemen	8 Elemen	64 Elemen
Frekuensi Kerja	28,04 GHz	27,964 GHz	27,968 GHz
S ₁₁	-33,578 dB	-35,616 dB	-45,185 dB
Gain	9,11 dBi	14,89 dBi	24,22 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>
Impedansi	50 Ω	50 Ω	50 Ω
Bandwidth	797 MHz	806 MHz	840 MHz

Tabel 7. Data Hasil Perbandingan dengan Antena Referensi

Parameter	Antena 64 Elemen	Antena Referensi [9] 64 Elemen
Frekuensi Kerja	27,968 GHz	28 GHz
S ₁₁	-45,185 dB	≤ -10 dB
Gain	24,22 dBi	≥ 20 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>
Impedansi	50 Ω	-
Bandwidth	840 MHz	≥667 MHz

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa percobaan antena yang sama dengan jumlah elemen antena yang berbeda untuk aplikasi komunikasi 5G yang bekerja di frekuensi 28 GHz. Antena dirancang menggunakan bahan substrat RT-Duroid 5880 dengan konstanta dielektrik 2,2 dan memiliki ketebalan 0,254 mm, ketebalan *patch* sebesar 0,035 mm.

Pada antena frekuensi 28 GHz ini telah mencapai kebutuhan untuk teknologi 5G, hal ini dikarenakan parameter S₁₁ telah berada di < -33,578 dB dan untuk *gain* dari antena yang telah di MIMO dengan jumlah antena 64 elemen mencapai 24,22 dBi, nilai impedansi 50 ohm dengan bentuk pola radiasi *unidirectional*, dengan nilai rata-rata *mutual coupling* < -20 dB.

REFERENSI

- [1] H. Ullah, F. A. Tahir and Z. Ahmad, "A Dual-band Hexagon Monopole Antenna for 28 and 38 GHz Millimeter-Wave Communications," *2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 2018, pp. 1215-1216, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8608274.
- [2] Tim Peneliti Puslitbang SDPPI, *Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia*, Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2018.
- [3] B. Setiawan and L. Ode, "Studi Kasus Perebutan Frekuensi 3600-4200MHz Antara Fixed Satellite Service dan International Mobile Telecommunication Dengan Pendekatan Regulatory Impact Analysis", *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 7, no. 3, pp: 267-296, 2017, doi: 10.22441/incomtech.v7i3.1172.
- [4] O. M. Haraz, M. M. M. Ali, S. Alshebeili and A. Sebak, "Design of a 28/38 GHz dual-band printed slot antenna for the future 5G mobile communication Networks," *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 2015, pp. 1532-1533, doi: 10.1109/APS.2015.7305155.
- [5] T. Firmansyah *et al.*, "Bandwidth and gain enhancement of MIMO antenna by using ring and circular parasitic with air-gap microstrip structure", *Telkomnika*, vol. 15, no. 3, pp. 1155-1163, 2017, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v15i3.6377.
- [6] K. Yang, "Research and Design of a High Isolation 5G Antenna for Smart Phone," *2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)*, 2020, pp. 507-510, doi: 10.1109/ICICT50521.2020.00086.
- [7] Y. Rahayu, L. Afif, M. R. Radhelan, I. Yasri, and F. Candra, "Design Of 28 Ghz Microstrip Mimo Antennas For Future 5g Applications", *SINERGI*, vol. 22, no. 3, pp. 149-154, 2018, doi: 10.22441/sinergi.2018.3.002.
- [8] S. Shoaib, N. Shoaib, R. Y. Khattak, and I. Shoaib, "Design and Development of MIMO Antennas for WiGig Terminals", *Electronics*, vol. 8, no. 12, pp:1-16, 2019, doi: 10.3390/electronics8121548.
- [9] G. Dewangga, L. O. Nur, and B. Syihabbudin, "Antena Mikrostrip Single Feed Dual Band Frekuensi 15 Ghz dan 28 Ghz Polarisasi Sirkular Patch Persegi dengan Slot Silang pada Jaringan 5g", *eProceedings of Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 3601-3608, 2019.
- [10] Bambang S. Purnamasari, Dyah Alfrina, Rina Pudji Astusi, "Perancangan Dan Analisis Antena Massive Mimo Mikrostrip Patch Persegi Panjang Dengan Polarisasi", *eProceedings of Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 3657-3664, 2017.
- [11] H. Park, C. Lee, A. Rehman, M. S. Khattak, S. Kahng and M. K. Khattak, "A Lensing Case for the 5G Handset Antennas," *2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 2018, pp. 1697-1698, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8608843.
- [12] D. Paragya and H. Siswono, "3.5 GHz Rectangular Patch Microstrip Antenna with Defected Ground Structure for 5G", *ELKOMIKA*, vol. 8, no. 1, p. 31, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i1.31.
- [13] A. G. Persada *et al.*, "Perancangan Rectangular Microstrip Antenna untuk Komunikasi 5G dengan Penambahan Elemen Parasitik", *Proc. 2018 Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, 2018, pp. 24-26.
- [14] M. Stanley, Y. Huang, H. Wang, H. Zhou, A. Alieldin and S. Joseph, "A Transparent Dual-Polarized Antenna Array for 5G Smartphone Applications," *2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 2018, pp. 635-636, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8609096.
- [15] W. Zhang, Z. Weng and L. Wang, "Design of a dual-band MIMO antenna for 5G smartphone application," *2018 International Workshop on Antenna Technology (iWAT)*, 2018, pp. 1-3, doi: 10.1109/IWAT.2018.8379211.